



**IFA Fertilizers and  
Agriculture Conference**  
6-9 October 2009



## Результаты по рациональному внесению минеральных удобрений в Географической сети опытов России

В.А. Романенков, М.В. Беличенко, О.В. Рухович, М.П.Листова  
Всероссийский НИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова  
О.Д.Сиротенко, В.Н.Павлова  
Всероссийский НИИ сельскохозяйственной метеорологии

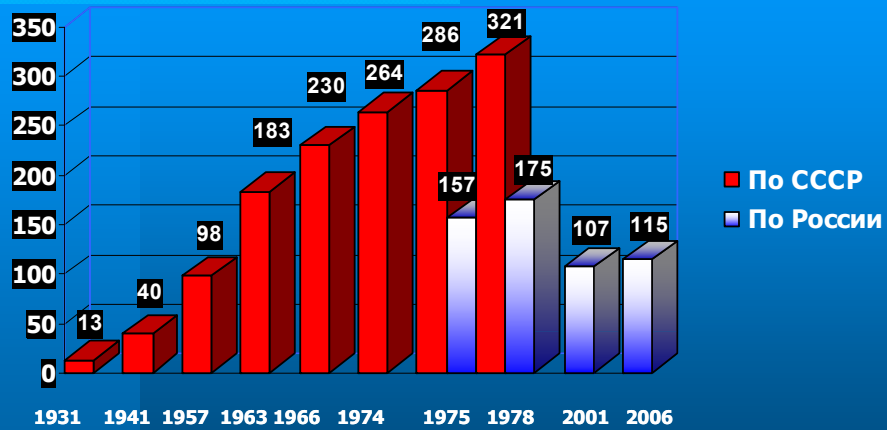
## Рассматриваемые вопросы

Рациональное внесение удобрений для

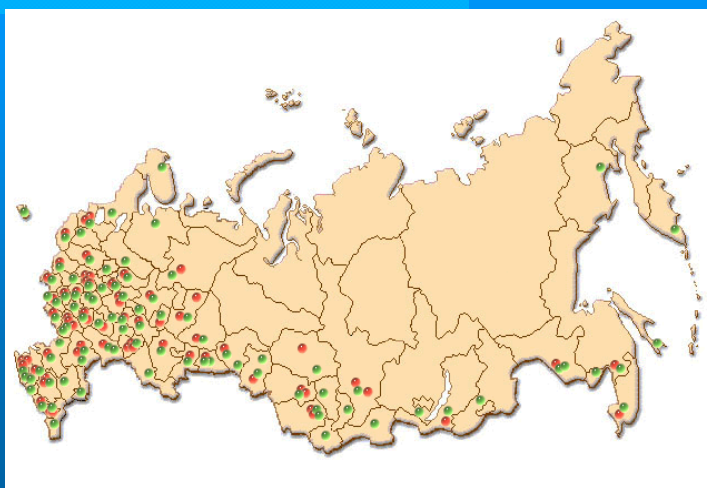
- Максимизации прибавок урожая на кг применяемых удобрений
- Максимизации доходов производителей
- Предотвращения падения почвенного плодородия
- Адаптации к изменению климата

## Учреждения-участники Геосети

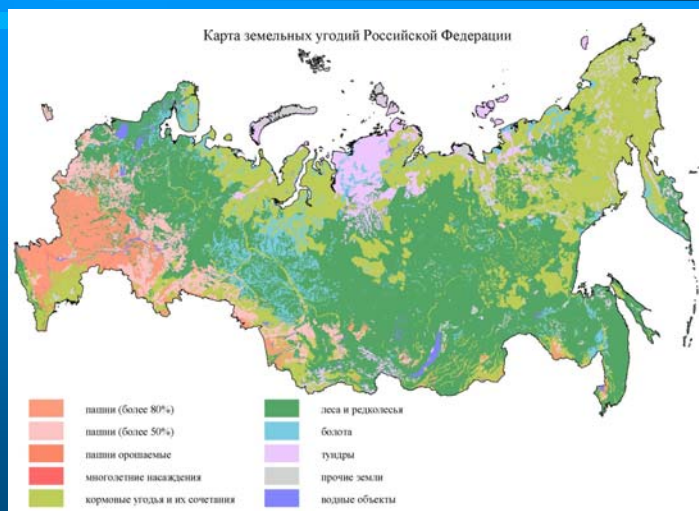
(НИИ, сельскохозяйственные ВУЗы, опытные станции)



## Размещение полевых опытов Геосети



# Структура земельных угодий



ГИС карта –  
Почвенный ин-т-2005

1710 млн.га, из них сельскохозяйственные земли- 12%

# Обработка экспериментальных данных полевых опытов

Массовый экспериментальный материал: Географическая сеть полевых опытов с удобрениями, агрохимслужба, сортоиспытательные станции

Оценка влияния плодородия почв и доз удобрений на урожайность

Анализ однородных выборок больших объемов

Разработка нормативов окупаемости удобрений по природным зонам и культурам

Изучение закономерностей действия удобрений с помощью численных экспериментов: модели

Модели множественной регрессии

Типизация погодных условий для оценки урожайности отдельных культур

Исследование многофакторных систем «почва-удобрение-погода-урожай»

Динамическое моделирование с учетом комплекса показателей, лимитирующих питание растений

## Долевое участие факторов формирования урожая сельскохозяйственных культур

Источник: Сычев, 2003

Зона	Удобрение	Степень окультуренности	Влияние погодных условий
Северотаежная	34,4	21,3	44,3
Среднетаежная	36,7	23,5	39,8
Южнотаежная	30,5	20,1	49,4
Лесостепная	23,3	35,8	40,9
Степная	12,6	44,3	43,1
Сухостепная	10,4	30,5	59,1



## Оценки возможных приращений биоклиматического потенциала для Европейской территории России

Регион	Оценки БКП, т/га·год				Приращения БКП, т/га		
	БКП <sub>0</sub>	БКП <sub>W</sub>	БКП <sub>N</sub>	БКП <sub>WN</sub>	Δ <sub>W</sub>	Δ <sub>N</sub>	Δ <sub>WN</sub>
Московская область	5,2	5,6	12,6	12,6	0,4	7,4	7,4
Владимирская область	6,0	6,9	12,3	12,5	0,9	6,3	6,5
Нижегородская область	5,0	5,8	12,3	12,7	0,8	7,3	7,7
Воронежская область	7,0	10,9	11,7	14,9	3,9	4,7	7,9
Краснодарский край	10,1	15,9	11,9	18,3	5,8	1,8	8,2

оптимизация водного режима

оптимизация минерального питания

оптимизация водного режима и минерального питания

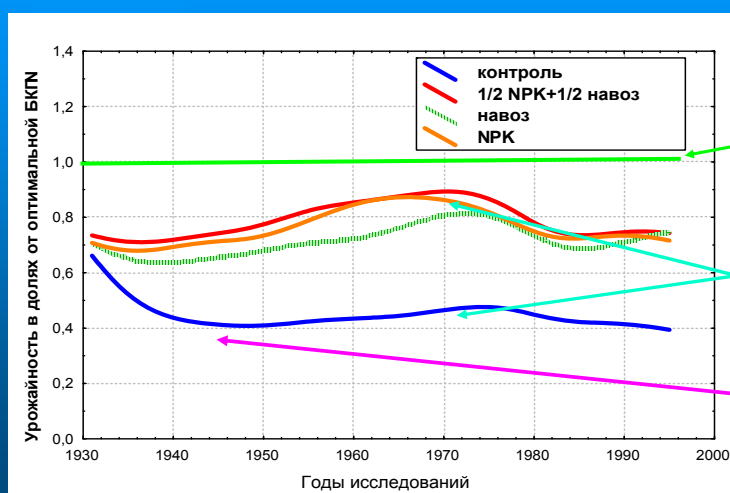
## Оценки возможных приращений биоклиматического потенциала ЕТР

Регион	Оценки БКП, т/га·год				Приращения БКП, т/га		
	БКП <sub>0</sub>	БКП <sub>W</sub>	БКП <sub>N</sub>	БКП <sub>WN</sub>	Δ <sub>W</sub>	Δ <sub>N</sub>	Δ <sub>WN</sub>
Московская область	5,2	5,6	12,6	12,6	0,4	7,4	7,4
Владимирская область	6,0	6,9	12,3	12,5	0,9	6,3	6,5
Нижегородская область	5,0	5,8	12,3	12,7	0,8	7,3	7,7
Воронежская область	7,0	10,9	11,7	14,9	3,9	4,7	7,9
Краснодарский край	10,1	15,9	11,9	18,3	5,8	1,8	8,2

оптимизация  
минерального  
питания

БКПН Франция – 16,5, Германия – 14,5, Швеция – 9,7

## Оценка динамики реализации потенциала продуктивности в длительных опытах Геосети



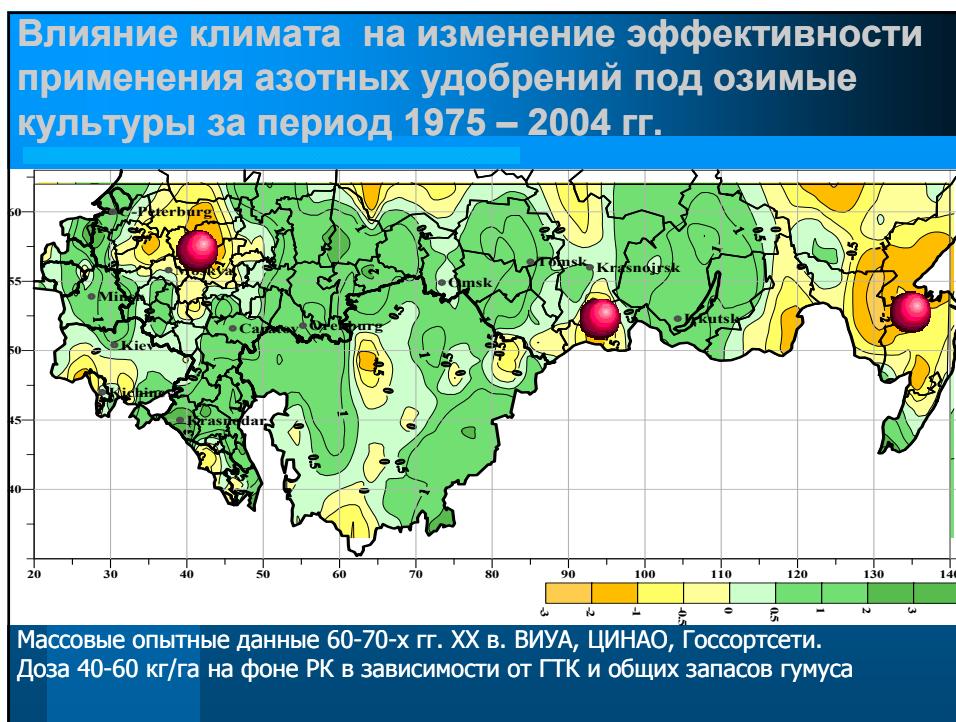
УРОЖАЙНОСТЬ ПРИ  
ОПТИМУМЕ  
МИНЕРАЛЬНОГО  
ПИТАНИЯ

ИЗМЕНЕНИЯ В  
ДОСТИГНУТОМ  
СОСТОЯНИИ  
РАВНОВЕСИЯ

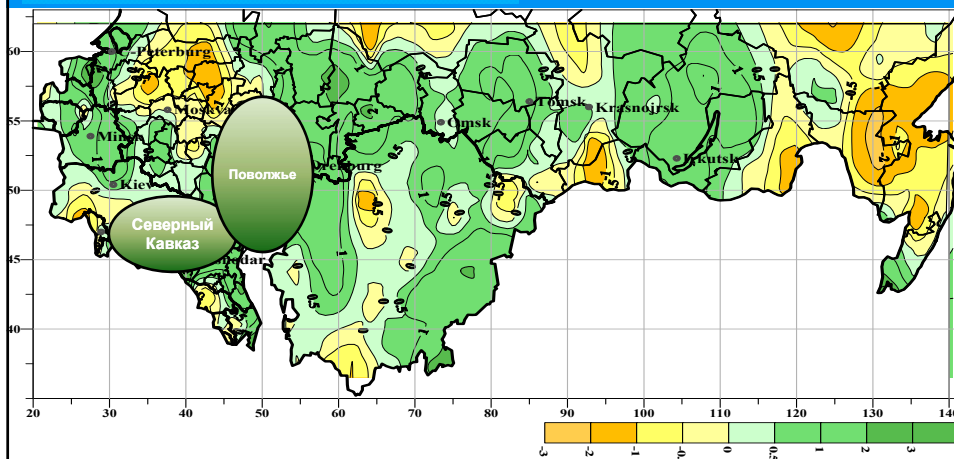
ДОСТИЖЕНИЕ  
НОВОГО СОСТОЯНИЯ  
РАВНОВЕСИЯ

Московская область, опыт ДАОС с чистым паром, овес

Качественная оценка изменения степени благоприятности наблюдаемых изменений климата для сельского хозяйства России за последние 30 лет									
Регион	Доля региона в зерновом балансе, %	Влага		Тепло		Перезимовка		Континентальность климата	
		тренд	оценка	тренд	оценка	тренд	оценка	тренд	оценка
Северо-Кавказский	19,3	↗	+	↗	+	↗	+	↘	+
Поволжский	17,6	↗	+	↔	↔	↗	+	↘	+
Уральский	15,7	↗	+	↘	×	↗	+	↘	+
Западно-Сибирский	13,7	↔	↔	↗	+	↘	×	↔	↔
Центрально-Черноземный	10,6	↘	×	↗	+	↗	+	↘	+
Центральный	10,1	↘	↔	↗	+	↗	+	↘	+
Волго-Вятский	5,7	↗	+	↔	↔	↔	↔	↔	↔
Восточно-Сибирский	5,3	↘	×	↗	+	↗	+	↔	↔
Дальневосточный	1,2	↘	↔	↗	+	↗	+	↘	+
Северо-Западный	0,6	↘	+	↗	+	↗	+	↘	+
примечания									
Характеристика тренда	↗	рост		↘	падение		↔	без изменений	
Степень благоприятности	+	улучшение		×	ухудшение		↔		



## Влияние климата на изменение эффективности применения азотных удобрений под озимые культуры за период 1975 – 2004 гг.



Массовые опытные данные 1960-х гг. опытов ВИУА, ЦИНАО, Госсортсети.  
Доза 40-60 кг/га на фоне РК в зависимости от ГТК и общих запасов гумуса

## Оптимальные дозы минеральных удобрений под основные культуры

Зона	Дозы минеральных удобрений		
	N	P2O5	K2O
Озимая пшеница			
Нечерноземная	100	90	90
Лесостепная	85	80	65
Степная	75	70	50
Силосные культуры			
Нечерноземная	100	80	105
Лесостепная	100	75	88
Степная	65	60	55
Сахарная свекла			
Нечерноземная	145	135	175
Лесостепная	135	140	150
Степная	120	120	105

\*Данные Геосети и Агрохимслужбы, преобладающие типы почв, среднее содержание подвижного P2O5, обменного K2O  
Источник: Литвак, 1990

## Урожай озимой пшеницы, дозы N и окупаемость удобрений при различном соотношении цен зерно/удобрения

Показатель	Единица измерения	Среднемультилетняя, 32 года		
		Низкое плодородие	Высокое плодородие	Высокое плодородие Новые сорта
Погода		Среднемультилетняя, 32 года		
Урожай без удобрений	$Y_0$ т/га	1,28	2,01	1,67
Максимальный урожай	$Y_{max}$ т/га	2,40	3,16	5,61
Цены на зерно и удобрения 2007 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,15	2,81	3,17
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	90	80	100
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	10	10	15
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+81	+110
Цены на зерно и удобрения 2009 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,38	3,11	3,22
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	140	140	110
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	8	13	14
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+113	+149

GRF – валовая прибыль от продажи дополнительного зерна за вычетом цен на N удобрения

## Урожай озимой пшеницы, дозы N и окупаемость удобрений при различном соотношении цен зерно/удобрения

Показатель	Единица измерения	Среднемультилетняя, 32 года		
		Низкое плодородие	Высокое плодородие	Высокое плодородие Новые сорта
Погода		Среднемультилетняя, 32 года		
Урожай без удобрений	$Y_0$ т/га	1,28	2,01	1,67
Максимальный урожай	$Y_{max}$ т/га	2,40	3,16	5,61
Цены на зерно и удобрения 2007 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,15	2,81	3,17
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	90	80	100
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	10	10	15
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+81	+110
Цены на зерно и удобрения 2009 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,38	3,11	3,22
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	140	140	110
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	8	13	14
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+113	+149

## Урожай озимой пшеницы, дозы N и окупаемость удобрений при различном соотношении цен зерно/удобрения

Показатель	Единица измерения	Среднегодовое, 32 года		
		Низкое плодородие	Высокое плодородие	Высокое плодородие Новые сорта
Погода		Среднегодовое, 32 года		
Урожай без удобрений	$Y_0$ т/га	1,28	2,01	1,67
Максимальный урожай	$Y_{max}$ т/га	2,40	3,16	5,61
Цены на зерно и удобрения 2007 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,15	2,81	3,17
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	90	80	100
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	10	10	15
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+81	+110
Цены на зерно и удобрения 2009 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,38	3,11	3,22
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	140	140	110
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	8	13	14
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+113	+149

## Урожай озимой пшеницы, дозы N и окупаемость удобрений при различном соотношении цен зерно/удобрения

Показатель	Единица измерения	Среднегодовое, 32 года		
		Низкое плодородие	Высокое плодородие	Высокое плодородие Новые сорта
Погода		Среднегодовое, 32 года		
Урожай без удобрений	$Y_0$ т/га	1,28	2,01	1,67
Максимальный урожай	$Y_{max}$ т/га	2,40	3,16	5,61
Цены на зерно и удобрения 2007 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,15	2,81	3,17
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	90	80	100
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	10	10	15
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+81	+110
Цены на зерно и удобрения 2009 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,38	3,11	3,22
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	140	140	110
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	8	13	14
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+113	+149

## Урожай озимой пшеницы, дозы N и окупаемость удобрений при различном соотношении цен зерно/удобрения

Показатель	Единица измерения	Среднеголетняя, 32 года		
		Низкое плодородие	Высокое плодородие	Высокое плодородие Новые сорта
<b>Погода</b>				
Урожай без удобрений	Y <sub>0</sub> т/га	1,28	2,01	1,67
Максимальный урожай	Y <sub>max</sub> т/га	2,40	3,16	5,61
<b>Цены на зерно и удобрения 2007 г.*</b>				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	Y т/га	2,15	2,81	3,17
Доза азота при max GRF	F <sub>N</sub> кг/га	90	80	100
Окупаемость N при max GRF	AE <sub>N</sub> кг/кг	10	10	15
Изменение валовой прибыли GRF	Δ GRF US \$/ha	-	+81	+110
<b>Цены на зерно и удобрения 2009 г.*</b>				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	Y т/га	2,38	3,11	3,22
Доза азота при max GRF	F <sub>N</sub> кг/га	140	140	110
Окупаемость N при max GRF	AE <sub>N</sub> кг/кг	8	13	14
Изменение валовой прибыли GRF	Δ GRF US \$/ha	-	+113	+149

## Урожай озимой пшеницы, дозы N и окупаемость удобрений при различном соотношении цен зерно/удобрения

Показатель	Единица измерения	Среднеголетняя, 32 года		
		Низкое плодородие	Высокое плодородие	Высокое плодородие Новые сорта
<b>Погода</b>				
Урожай без удобрений	Y <sub>0</sub> т/га	1,28	2,01	1,67
Максимальный урожай	Y <sub>max</sub> т/га	2,40	3,16	5,61
<b>Цены на зерно и удобрения 2007 г.*</b>				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	Y т/га	2,15	2,81	3,17
Доза азота при max GRF	F <sub>N</sub> кг/га	90	80	100
Окупаемость N при max GRF	AE <sub>N</sub> кг/кг	10	10	15
Изменение валовой прибыли GRF	Δ GRF US \$/ha	-	+81	+110
<b>Цены на зерно и удобрения 2009 г.*</b>				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	Y т/га	2,38	3,11	3,22
<b>Доза азота при max GRF</b>	F <sub>N</sub> кг/га	140	140	110
Окупаемость N при max GRF	AE <sub>N</sub> кг/кг	8	13	14
Изменение валовой прибыли GRF	Δ GRF US \$/ha	-	+113	+149

## Урожай озимой пшеницы, дозы N и окупаемость удобрений при различном соотношении цен зерно/удобрения

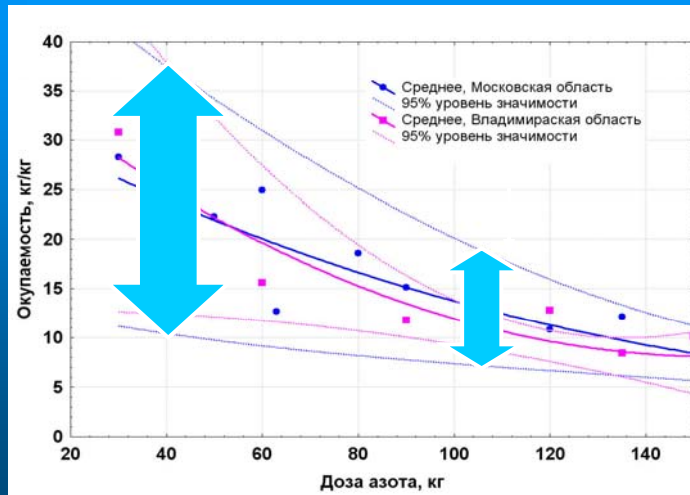
Показатель	Единица измерения	Соотношение цен зерно/удобрения		
		Низкое плодородие	Высокое плодородие	Высокое плодородие Новые сорта
Средне многолетняя, 32 года				
Погода				
Урожай без удобрений	$Y_0$ т/га	1,28	2,01	1,67
Максимальный урожай	$Y_{max}$ т/га	2,40	3,16	5,61
Цены на зерно и удобрения 2007 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,15	2,81	3,17
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	90	80	100
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	10	10	15
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+81	+110
Цены на зерно и удобрения 2009 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,38	3,11	3,22
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	140	140	110
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	8	13	14
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+113	+149

## Урожай озимой пшеницы, дозы N и окупаемость удобрений при различном соотношении цен зерно/удобрения

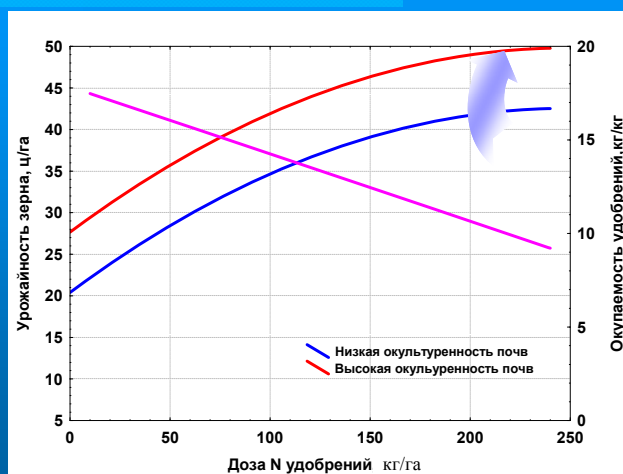
Показатель	Единица измерения	Соотношение цен зерно/удобрения		
		Низкое плодородие	Высокое плодородие	Высокое плодородие Новые сорта
Средне многолетняя, 32 года				
Погода				
Урожай без удобрений	$Y_0$ т/га	1,28	2,01	1,67
Максимальный урожай	$Y_{max}$ т/га	2,40	3,16	5,61
Цены на зерно и удобрения 2007 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,15	2,81	3,17
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	90	80	100
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	10	10	15
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+81	+110
Цены на зерно и удобрения 2009 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$ т/га	2,38	3,11	3,22
Доза азота при max GRF	$F_N$ кг/га	140	140	110
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$ кг/кг	8	13	14
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta$ GRF US \$/ha	-	+113	+149



## Зависимость окупаемости возрастающих доз азотных удобрений прибавкой урожая озимой пшеницы

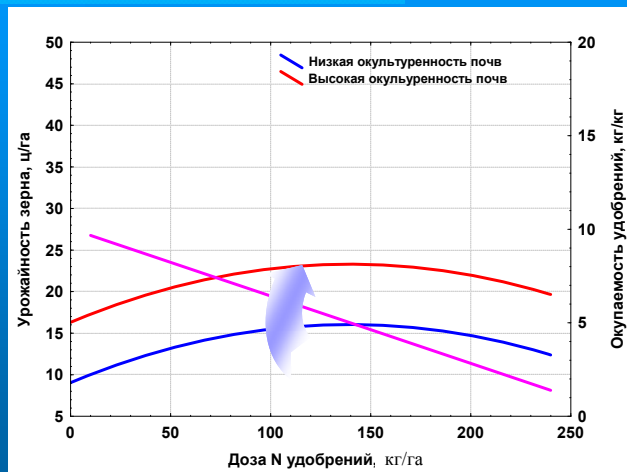


## Рост урожайности озимой пшеницы и изменение окупаемости при увеличении доз азотных удобрений



Расчетная эффективность минеральных удобрений под озимую пшеницу для Центральной ОС ВНИИА в благоприятный вегетационный период

## Рост урожайности озимой пшеницы и изменение окупаемости при увеличении доз азотных удобрений



Расчетная эффективность минеральных удобрений под озимую пшеницу для Центральной ОС ВНИИА в неблагоприятный вегетационный период

## Урожай озимой пшеницы, дозы N и окупаемость удобрений при различном соотношении цен зерно/удобрения

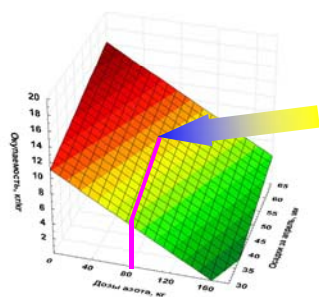
Высокое плодородие

Низкое плодородие

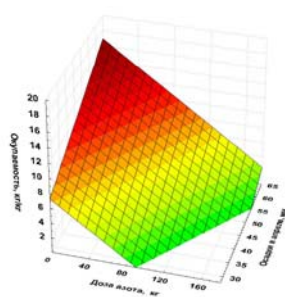
Показатель

Показатель	Погода	Мах благоприятная	Крайне неблагоприятная	
Урожай без удобрений	$Y_0$	2,76	1,63	0,90
Максимальный урожай	$Y_{max}$	4,98	2,33	1,6
Цены на зерно и удобрения 2007 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$	4,63	1,97	1,25
Доза азота при max GRF	$F_N$	13	9	40
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$	13	9	9
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta GRF$	+162	-67	-67
Цены на зерно и удобрения 2009 г.*				
Урожай при максимальной валовой прибыли GRF	$Y$	4,92	2,27	1,55
Доза азота при max GRF	$F_N$	10	6	100
Окупаемость N при max GRF	$AE_N$	10	6	6
Изменение валовой прибыли GRF	$\Delta GRF$	+258	-115	-115

## Изменение окупаемости азотных удобрений под озимую пшеницу в зависимости от суммы апрельских атмосферных осадков и доз азотных удобрений

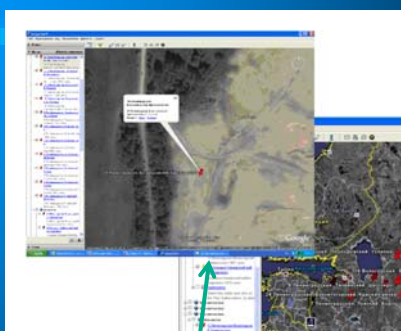


Московская область,  
дерново-подзолистые почвы,  
32 года исследований



Нижегородская область,  
серые лесные почвы,  
16 лет исследований

## Координатная привязка опытов и построение карт урожая и качества продукции

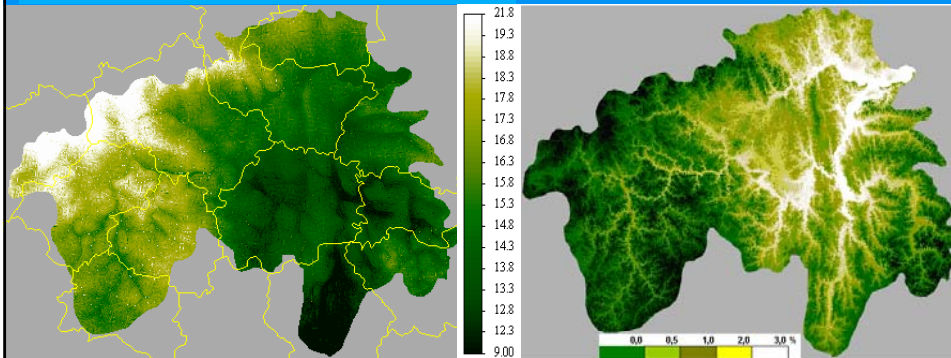


Определение географических границ опыта и корректировка по дистанционным снимкам

Занесение границ в систематизированную электронную БД учреждений Геосети

Создание специализированных карт на основе трехмерной модели рельефа

## Цифровые карты бассейна реки Оки, полученных на основе анализа БД Геосети 1966 - 91 гг.



Карта прибавок урожая озимой пшеницы (ц/га) к абсолютному контролю при дозах N удобрений 60-90 кг/га

Карта увеличения белковости зерна озимой пшеницы (%) к абсолютному контролю при дозах N удобрений 60-90 кг/га

Источник: Рухович, 2009

## Выводы:

1. Наблюдаемые с середины 1970-х годов изменения климата были благоприятны для многих сельскохозяйственных регионов России
2. Эффективность удобрений для важных в сельскохозяйственном отношении регионов России в связи с этим возросла или сохранилась на прежнем уровне
3. Предложены модели оценки эффективности и окупаемости минеральных удобрений, позволяющие вести расчёты для отдельного хозяйства
4. Возможно эффективное управление дозами удобрений при учёте изменения плодородия почвы, погоды и конъюнктуры рынка

